

# 基于再造品生命周期的逆向供应链决策研究

计国君, 张茹秀

(厦门大学 管理学院, 福建 厦门 361005)

**摘要:** 运用博弈理论研究再造品不同生命周期阶段下回收品和再造品的定价决策问题。逆向供应链决策模式被分为集中决策和回收商为领导者的分散决策、再制造商为领导者的分散决策三种模式。通过结果比较分析, 整个生命周期内集中式供应链的回收量和系统总利润最高, 生态效益最大。两种分散式供应链的优劣则决定于废旧品价格敏感程度与再造品价格敏感程度的大小对比。在同一供应链决策模式中, 废旧品价格敏感程度小于再造品价格敏感程度时的回收量和总利润高于废旧品价格敏感程度, 大于再造品价格敏感程度时的回收量和总利润。

**关键词:** 再造品; 产品生命周期; 逆向供应链

中图分类号: F273

文献标识码: A

文章编号: 1001-8409(2010)08-0036-05

## Study of Reverse Supply Chain Decision Based on Remanufactured Products' Life Cycle

Ji Guojun, ZHANG Ruxiu

(School of Management, Xiamen University, Xiamen 361005)

**Abstract** This paper studies joint pricing of recycling and remanufactured products during different states of remanufactured product life cycle with Game theory. Decision models of reverse supply chain consist of centralized model and decentralized model, in which the collector or remanufacturer will be the leader of reverse supply chain. By analyzing the results, we find that the recycling quantity and overall profit of centralized model are the greatest during all the states of remanufactured product life cycle. The compared result of two decentralized models depends on which one is more between the price sensitivity of recycling and the price sensitivity of remanufactured products. In the same model, the recycling quantity and overall profit is greater when the price sensitivity of recycling is less than the price sensitivity of remanufactured products.

**Key words** remanufactured product; product life cycle; reverse supply chain

### 引言

逆向供应链为环境保护、资源有效利用和实现可持续发展提供了一条新的途径, 因而越来越多的企业将其纳入企业发展的战略规划中。逆向供应链至今仍无一个统一的概念, V. Daniel等认为“它是指为了从客户手中回收使用过的产品所必需的一系列活动, 其目的是对回收品进行处置或者再利用”<sup>[1]</sup>。本文中所涉及到的是基于再制造的逆向供应链, 其活动路径是指从产生废弃物开始, 经过回收以及再制造, 最后出售给顾客重新使用的一系列过程。

在逆向供应链管理中, 确定系统结构是一项极其重要且又复杂的工作, 并且系统结构对供应链运作绩效起着决定性作用。无论一个公司构建逆向供应链是为了节约成本、增加收益, 还是因为严格的环境保护法规, 它需要选择合适的方式进行产品的回收、再利用, 决定这些活动哪些外包, 哪些由自己来做, 从而使得成本最小

化。近几年, 越来越多的学者开始运用博弈论的方法研究逆向供应链的决策问题。Savaskan等应用博弈论研究了逆向供应链中分别由生产商、零售商和第三方负责回收的三种不同渠道结构的最优选择问题<sup>[2]</sup>。黄祖庆和达庆利针对由一个制造商和一个零售商组成的逆向供应链, 从生产商和销售商双方权威力量对比所形成的供应链不同决策结构的角度, 进行了结构效率分析<sup>[3]</sup>。上述文献多是单周期模型, 没有从产品生命周期角度考虑, 结合不同阶段下市场特征进行逆向供应链决策分析。现有文献中考虑产品生命周期的研究很少, Seriato等通过产品生命周期的长度和每个时期返回的比例, 建立了逆向物流网络的特征, 以决定是否外包逆向物流<sup>[4]</sup>。Geyer等将产品生命周期观点引入再制造, 研究了约束再制造活动的废旧产品可得性(回收率)、再制造的技术可行性(产品耐久性)和再造品市场需求(生命周期)对再制造活动经济性的影响<sup>[5]</sup>。Dabo等在此基

收稿日期: 2009-09-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(70971111)

作者简介: 计国君(1964-), 男, 安徽合肥人, 教授, 研究方向为供应链管理、系统工程和信息管理; 张茹秀(1979-), 女, 黑龙江密山人, 博士研究生, 研究方向为供应链管理。

础上分析了新产品和再造品的联合生命周期动态性<sup>[6]</sup>。Georgiadis等研究产品生命周期的长度和类型对再制造能力规划的影响<sup>[7]</sup>。此外,大多数文献都是考虑再制造活动由制造商(OEM)来完成,较少考虑将其外包。事实上,很多企业都采用外包的形式将回收的废旧品交与其他再制造企业来处理,如中国工程机械集团将发动机再制造大多委托给山东济南富强动力有限公司承担。福特在自己完成再制造活动效益不佳后采用外包,欧洲和日本的几个汽车制造商在经过内部实验性拆解研究后也决定外包<sup>[8]</sup>。鉴于欧盟报废电子电气设备指令(WEEE)、欧盟汽车报废指令(ELV)等环境指令,这些OEM虽然不想自己实施再制造,但还会参与产品回收活动,以确保回收、再利用的数量符合环境法规要求。

本文通过对再造品生命周期各阶段供求关系分析,将其分为供大于求和供小于求两个阶段,运用博弈理论研究再造品不同阶段下集成式供应链和分散式供应链的回收品和再造品联合定价问题,比较不同逆向供应链结构下的回收量和总收益,分析回收商和再制造商不同决策地位对系统效率的影响。

### 1 问题描述

根据消费者对再造品的评价和支付意愿不同,再造品可以分为两类,一类是消费者对再造品与新产品不做区分,两者可以完全替代,生产商将再造品与新产品一起满足市场需要,如一次性相机和硒鼓;另外一类是消费者认为再造品的价值低于新产品,两者具有一定差异,生产商将再造品与新产品分开销售,即使面向一个消费市场,也作为不同产品,如汽车零部件、复印机、手机和计算机。第一类再造品的生命周期曲线与新产品的生命周期曲线一致,而第二类则不同于新产品的生命周期曲线,但新产品销售量的分布对再造品需求影响较大。人们一般认为再造品的品质比新产品要差。国家发展和改革委员会同有关部门起草的《废旧家电及电子产品回收处理管理条例》中规定,经过回收、再制造与检测的家电,需要贴上再利用的标志,才能在市场上出售。因此,本文重点研究第二类再造品。

与使用原材料生产的新产品不同,再造品的生产受限于可再造回收品的数量和时间,而废旧产品的回收时间和数量取决于产品的类型,平均产品寿命、技术创新速率、部件失效速率、消费者返回产品的意愿等因素。虽然可以根据生产量来预计报废量,但由于最终消费者的使用情况不同,废旧产品返回的时间和质量状态都是不确定的。再造品的物料供应源包括使用结束(End-of-use)、生命周期末端(End-of-life)和再使用部件,以及商业回收品(Commercial returns)、保修期内出问题的产品(Warranty goods)或者召回产品(Recalled product)。此外,制造过程中的不合格产品也可以作为回收品的供应源,但经常与OEM竞争的独立再制造企业很难获取此类产品。

再制造产品的供求关系匹配程度很大程度上决定了再制造的经济性。当回收品主要来源是使用结束产

品,可能再制造量取决于供需的分布,如图1所示。

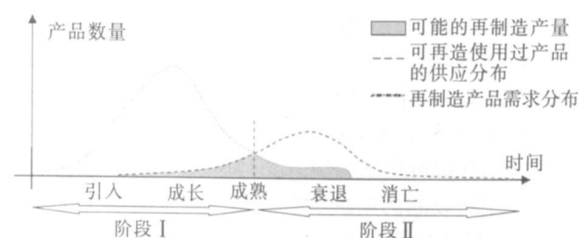


图1 可能的再制造产量

与新产品相同,再造品的生命周期也可以分为引入、成长、成熟、衰退四个阶段。在引入期,企业要识别哪些产品用于再制造在经济和技术上是可行的,然后迅速将再造品推向市场。这需要OEM、供应商和消费者的密切合作。在成长期,可能的再制造数量受限于适于再制造的部件供应数量,具有更好获取回收品能力的企业将获得竞争优势。到了成熟期,潜在的供需大约平衡。再过了一段时间,供应增加而需求开始减少,可得回收品多于需要的,库存管理变得重要。在退出阶段,限制再制造量的因素是再造品的需求,回收品和再造品库存都可能过高。不同类型产品的生命周期曲线和回收品供应曲线形状不同,可能的再制造量也不一样,例如平均使用周期短的一次性相机的供应分布会向左,可能再制造量就高,而灌装机则相反,长时间使用后返回,供应分布被推向右边。如果最终使用者和制造商是以租赁、服务合约、直接订单等方式建立,回收品的供需之间的匹配程度会更高,甚至完全匹配。

根据供求关系,整个再造品的生命周期可以分成两个阶段:阶段Ⅰ中可再制造的废旧产品供应小于再造品需求,此时再造品边际利润高,回收品全部用于再制造;阶段Ⅱ中可再制造的废旧产品供应大于再造品需求,此时再造品价格低,要根据需求量将质量状态较好的回收品用于再制造以降低再制造成本,多余回收品则通过物料再循环获取残余价值。不同阶段市场特征、定价策略不同,与之相适应的逆向供应链结构也可能不同。因此,本文分别分析两个阶段的回收品和再造品的联合定价问题,比较不同结构的效率高低。

假设在由单一再制造商和单一回收商构成的二级逆向供应链系统中,再制造商支付批发价给回收商购买所有废旧产品,决定再制造的数量,规定再制造零件的销售价格,通过再制造生产再造品投放市场,不可进行价值修复的部分则卖给其他物料再循环商。回收商以一定价格从消费者手中回收废旧产品,然后转卖给再制造商。根据再制造和回收活动是否由同一个企业完成,将逆向供应链的决策模式分为三种:集中模式(RC)、回收商领导的分散模式(CS)和再制造商领导的分散模式(RS)。RC模式下,再制造商负责回收,即回收型再制造商,也可以看做是制造商(OEM)自己负责回收和再制造。分散模式下回收和再制造活动分别由不同企业完成,均为独立的决策者,处于Stackelberg博弈均衡,其目

标为各自利润的最大化。CS模式中回收商为领导者,具有价格决策权;RS模式中再制造商为领导者。回收商可以是零售商,也可以由第三方担当。

假设废弃品的回收价格为  $f$  废旧品的供应为价格的线性函数,  $S(f) = \alpha + \beta f$  单位回收成本为  $c_r$ 。假定回收的废旧品都可用于再制造,因为回收商可以通过价格设置控制回收品的质量状态。产品再制造单位成本为  $c_p$ 。受环境法规制约,再制造商要对所有废旧品进行抗污染(Depolluting)处置,无论其部件是否将用于再制造。假定单位处置成本为  $c_p$  废旧品本身具有一定残余价值,除了可以用于再制造外还可以用于零件或物料再循环,即使用再制造以外其他的价值修复方式而获得的收益为  $s$ 。假定再造品的需求为价格的线性函数,即  $D(p) = a - bp$  且  $p \geq c_r + c_c + c_p + f$  即再制造商的边际利润非负。制造商的再造品与新产品市场相互独立。

## 2 模型构建

### 2.1 阶段 I ——供应小于需求

#### 2.1.1 集成式供应链

系统总利润最大化问题为:

$$\max(p - c_r - c_c - c_p - f)(\alpha + \beta f) \quad (1)$$

$$s.t.: a - bp \geq \alpha + \beta f \quad (2)$$

约束式(2)确保再制造的再造品销售数量不小于回收的废旧品数量。目标函数式(1)是  $p$  和  $f$  的联合凸函数,同时求解一阶条件可以解出:

$$f_{1,RC}^* = \frac{\beta(a - 2\alpha - c_r b - c_c b - c_p b) - ab}{2\beta(\beta + b)}$$

$$(w_{1,RS}^*, p_{1,RS}^*) = \left( \frac{\beta^2 c_c - b\alpha + \beta(a - \alpha - c_r b - c_p b)}{\beta(\beta + 2b)}, \frac{a\beta + 4ab - 3ab + \beta b(c_r + c_p + 2c_c)}{2b(\beta + 2b)} \right)$$

#### (2) CS——回收商为领导者

在此模式下,再制造商则在下列条件满足时从回收商处购买废旧品:①从在再造品市场销售再造品及剩余物料处理中获得的边际利润非负;②从销售产品用于零件或物料修复而不拆卸零件所获得的边际利润非负。

给定批发价  $w$ ,再制造商决定再造品的销售价格  $p$  以及采购数量  $S$ 。再制造商的利润最大化问题为:

$$\max(p - c_r - c_c - c_p - w)S \quad (6)$$

$$s.t.: a - bp \geq S \quad (7)$$

约束式(7)确保市场需求不小于采购量,目标函数式(6)是  $p$  和  $S$  的联合凸函数,可解得:

$$(p_{1,CS}^*, S_{1,CS}^*) = \left( \frac{a + b(w + c_r + c_c + c_p)}{2b}, \frac{a - b(w + c_r + c_c + c_p)}{2} \right)$$

回收商的利润最大化问题为:

$$\max(w - f - c_c)(\alpha + \beta f) \quad (8)$$

$$s.t.: \alpha + \beta f = S \quad (9)$$

$$(f_{2,RC}^*, p_{2,RC}^*) = \begin{cases} \left\{ \frac{a - \alpha - b(c_r + c_p + c_c)}{2(\beta + b)} - \frac{\alpha}{2\beta} \frac{a - \alpha + \beta(c_r + c_p + c_c)}{2(\beta + b)} + \frac{a}{2b} \right\} & a - b(s + c_r) \geq \alpha + \beta(s - c_c - c_p) \\ \left\{ \frac{s - c_c - c_p}{2} - \frac{\alpha}{2\beta} \frac{s + c_r}{2} + \frac{a}{2b} \right\} & a - b(s + c_r) < \alpha + \beta(s - c_c - c_p) \end{cases}$$

#### 2.2.2 分散式供应链

$$p_{1,RC}^* = \frac{a - \alpha}{b} - \frac{\beta(a - 2\alpha - c_r b - c_c b - c_p b) - ab}{2b(\beta + b)}$$

#### 2.1.2 分散式供应链

分散式供应链中回收商和再制造商形成 Stackelberg 均衡。在该博弈模型中,领导者根据市场信息率先确定批发价,跟随者在观测到领导者的决策后做出自己的最优决策。一旦这些决策确定,回收商按既定价格回收废旧产品,再制造商按既定价格销售再造品。由于上述博弈为完全信息动态博弈,其均衡是子博弈精炼纳什均衡,因此可以采用逆向归纳法来求解博弈。

##### (1) RS——再制造商为领导者

给定批发价  $w$ ,回收商的利润最优化问题:

$$\max(w - f - c_c)(\alpha + \beta f) \quad (3)$$

目标函数式(3)是  $f$  的严格凸函数。最优回收价格是再制造商所提供的批发价的函数:

$$f_{1,RS}^* = \frac{\beta(w - c_c) - \alpha}{2\beta}$$

假定回收商的最优回收价格,再制造商的利润最大化问题可以表述为:

$$\max = (p - c_r - c_c - c_p - w) \left( \frac{\beta(w - c_c) + \alpha}{2} \right) \quad (4)$$

$$s.t.: a - bp \geq \frac{\beta(w - c_c) + \alpha}{2} \quad (5)$$

约束式(5)确保再制造的再造品销售数量不小于回收的废旧品数量。目标函数式(4)是  $p$  和  $w$  的联合凸函数,解得:

目标函数式(8)是  $w$  和  $f$  的联合凸函数,解得:

$$w_{1,CS}^* = \frac{a\beta + b(a - \alpha + \beta c_r + \beta c_p - 2\beta c_c)}{b(2\beta + b)} - c_r - c_c - c_p$$

$$f_{1,CS}^* = \frac{\beta(a - 4\alpha - b c_c - 2b c_c - b c_p) - ab}{2\beta(\beta + b)}$$

#### 2.2 阶段 II ——供应大于需求

此时回收品数量超过市场对再造品的需求,再制造商将多余的回收品处理后出售,以获取收益。

##### 2.2.1 集中式供应链

系统总利润最大化问题为:

$$\max(p - c_r)(a - bp) - (c_c + c_p + f)(\alpha + \beta f) + (\alpha + \beta f - a + bp)s \quad (10)$$

$$s.t.: a - bp \leq \alpha + \beta f \quad (11)$$

约束式(11)确保再制造的再造品销售数量不超过回收的废旧品数量。目标函数式(10)是  $p$  和  $f$  的联合凸函数,同时求解一阶条件可以解出:

与上阶段类似,使用逆向归纳法求解博弈。

(1) RS——再制造商为领导者  
给定批发价格, 回收商的利润最大化问题:

$$\max(w - f - c_c)(\alpha + \beta f) \quad (12)$$

目标函数式(12)是  $f$  的严格凸函数。最优回收价格是再制造商所提供的批发价的函数:

$$f_{2,RS}^*(w) = \frac{w - c_c}{2} - \frac{\alpha}{2\beta}$$

再制造商的利润最大化问题可以表述为:

$$(w_{2,RS}^*, p_{2,RS}^*) = \begin{cases} \left( \frac{\beta(a - bc_c + bc_p) + (\beta c_c - \alpha)(\beta + b)}{\beta(\beta + 2b)}, \frac{a(4b + \beta) - ab + \beta b(c_c + c_p + c_r)}{2b(\beta + 2b)} \right) & 2a - 2b(s + c_r) \geq \alpha + \beta(s - c_c - c_p) \\ \left( \frac{s + c_c - c_p}{2} - \frac{\alpha}{2\beta} \frac{s + c_c}{2} + \frac{a}{2b} \right) & 2a - 2b(s + c_r) < \alpha + \beta(s - c_c - c_p) \end{cases} \quad (13)$$

(2) CS——回收商为领导者  
再制造商的利润最大化问题可以表述为:

$$\max(a - bp)(p - c_r) - (c_p + w)S + (S - a + bp)s \quad (15)$$

$$s.t.: a - bp \leq S \leq \alpha + \beta f(w) \quad (16)$$

$$(p_{2,CS}^*, S_{2,CS}^*) = \begin{cases} \left( \frac{w + c_r + c_p}{2} + \frac{a}{2b}, \frac{a - b(w + c_r + c_p)}{2} \right) & \text{当 } w > s - c_p, \frac{a - b(w + c_r + c_p)}{2} \leq \alpha + \beta f(w) \\ \left( \frac{\alpha - a - \beta f(w)}{b}, \alpha + \beta f(w) \right) & \text{当 } w > s - c_p, \frac{a - b(w + c_r + c_p)}{2} > \alpha + \beta f(w) \\ \left( \frac{c_r + s}{2} + \frac{a}{2b}, \alpha + \beta f(w) \right) & \text{当 } w \leq s - c_p, \frac{a - b(c_r + s)}{2} \leq \alpha + \beta f(w) \\ \left( \frac{\alpha - a - \beta f(w)}{b}, \alpha + \beta f(w) \right) & \text{当 } w \leq s - c_p, \frac{a - b(c_r + s)}{2} > \alpha + \beta f(w) \end{cases}$$

则领导者回收商的利润最大化为:

$$\max(w - c_c - f)(\alpha + \beta f)$$

$$s.t.: S(w) \leq \alpha + \beta f$$

解得:

$$(w_{2,CS}^*, f_{2,CS}^*) = \begin{cases} \left( s - c_p, \frac{s - c_c - c_p}{2} - \frac{\alpha}{2\beta} \right) & \text{当 } \beta(a - b(s + c_c))^2 + 2b(\alpha + \beta(s - c_c - c_p))(a - b(s + c_r)) < \alpha + \beta(s - c_c - c_p) \\ \left( \frac{(a - bc_p - bc_r)(b + \beta) + \beta c_c - ab}{b(2\beta + b)}, \frac{\beta(a - 4a - bc_c - bc_p - bc_r) - ab}{2\beta(2\beta + b)} \right) & \text{当 } \beta(a - b(s + c_r))^2 + 2b(\alpha + \beta(s - c_c - c_p))(a - b(s + c_r)) \geq \alpha + \beta(s - c_c - c_p) \end{cases}$$

### 3 数值算例

本文使用数值算例比较不同结构下的最优回收量和最优总收益。由于目前我国消费者环保意识较低, 再制造行业发展较慢, 再制造成本较高, 故考察  $\alpha$  和  $C_r$  的变化对最值的影响。假设  $C_c = 30$   $C_p = 20$   $C_e = 100$   $S = 100$   $a = 5000$   $\alpha = 400$ 。为了体现不同产品类别的差异, 将回收品和再造品的市场敏感程度关系定为两种情况,  $(h, \beta) = \{(10, 5), (5, 10)\}$ , 分析每一种情况下不同逆向供应链结构的优劣。

从图 2 图 3 可见, 无论再造品供求关系如何, RC 模式下废旧品的回收数量最多, 系统总收益最大, 生态效益最高。随着  $\alpha$  增加, 回收量增加; 随着  $C_r$  增加, 回收量下降, 总收益也下降。  $\beta > b$  时, CS 模式下废旧品的回

$$w) \left( \frac{\beta(w - c_c)}{2} + \frac{\alpha}{2} \right) + \left( \frac{\beta(w - C_c)}{2} + \frac{a}{2} - a + bp \right) s \quad (13)$$

$$s.t.: a - bp \leq \frac{w - c_c}{2} - \frac{\alpha}{2\beta} \quad (14)$$

约束式(14)确保再制造商的再造品的销售数量不超过从回收商处获得的废旧品数量。目标函数式(13)是  $p$  和  $w$  的联合凸函数, 解得:

约束式(16)保证销售的再造品数量不超过回收商收购的废旧品数量, 而回收商回收的废旧品数量不超过市场上废旧品的供应量。目标函数式(15)是  $p$  和  $s$  的严格凸函数, 解得:

收数量和总收益均低于 RS 模式,  $\beta < b$  时, RS 模式下废旧品的回收价格和总收益均低于 CS 模式。此外, 其他参数相同情况下, 与  $\beta < b$  时相比,  $\beta > b$  时系统回收量和总收益较高, 再制造成本的阈值较高。可见  $\beta > b$  时, 无论是回收商还是再制造商具有决策权, 都会倾向于降低再造品价格而加大销售量, 即增加回收量, 从而获取更高利润。

### 4 结束语

本文基于供求关系将再造品生命周期分为两个阶段, 并根据不同阶段市场特征, 研究了不同供应链结构中的回收品和再造品联合定价问题。结果表明, 全生命周期下, 集中模式是最优的, 分散模式下的决策权则取决于回收品和再造品的价格敏感程度。

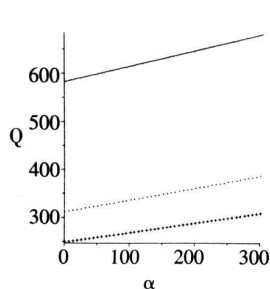


图 a  $\beta > b$  时废旧品回收量随  $\alpha$  变化情况

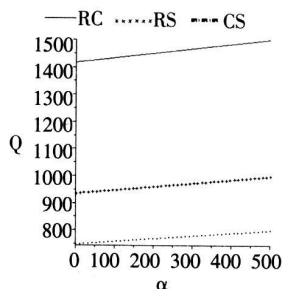


图 b  $\beta < b$  时废旧品回收量随  $\alpha$  变化情况

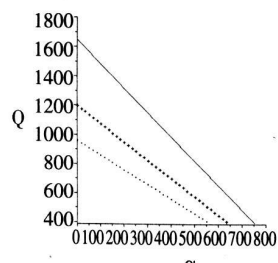


图 c  $\beta > b$  时废旧品回收量随  $\alpha$  变化情况

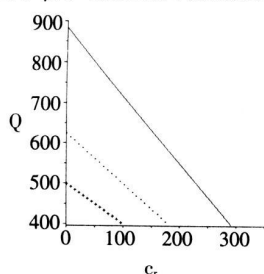


图 d  $\beta < b$  时废旧品回收量随  $c_r$  变化情况

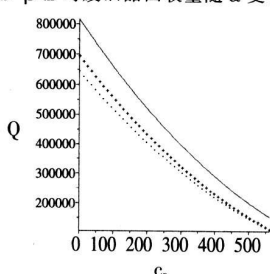


图 e  $\beta > b$  时废旧品回收量随  $c_r$  变化情况

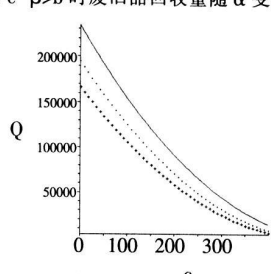


图 f  $\beta < b$  时废旧品回收量随  $c_r$  变化情况

图 2 阶段 I  $\alpha$  和  $c_r$  对废旧品回收量和总收益影响

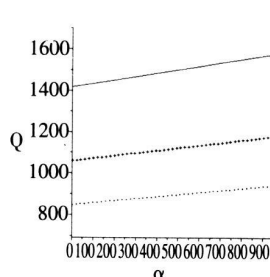


图 a  $\beta > b$  时废旧品回收量随  $\alpha$  变化情况

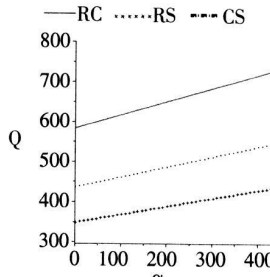


图 b  $\beta < b$  时废旧品回收量随  $\alpha$  变化情况

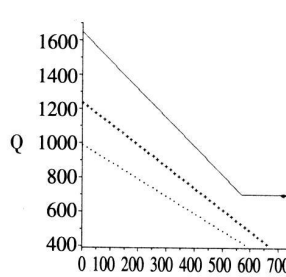


图 c  $\beta > b$  时废旧品回收量随  $\alpha$  变化情况

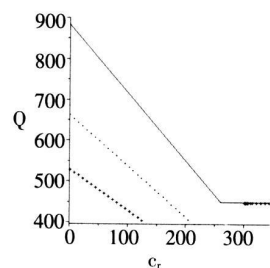


图 d  $\beta < b$  时废旧品回收量随  $c_r$  变化情况

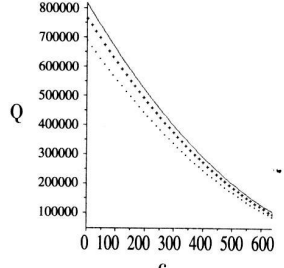


图 e  $\beta > b$  时废旧品回收量随  $c_r$  变化情况

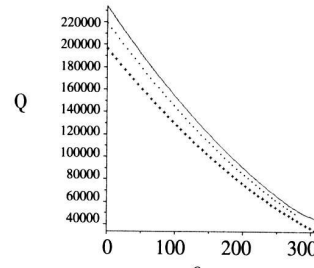


图 f  $\beta < b$  时废旧品回收量随  $c_r$  变化情况

图 3 阶段 II  $\alpha$  和  $c_r$  对废旧品回收量和总收益影响

# 参考文献:

- [1] V Daniel R, Guide Jr, Luk N Van Wassenhove. The Reverse Supply Chain [J]. Harvard Business Review, 2002, 80(2): 25-26
- [2] R C Savaskan, S Bhattacharya, Luk N Van Wassenhove. Closed-Loop Supply Chains Models with Product Remanufacturing [J]. Management Science, 2004, 50(2): 239-252
- [3] 黄祖庆, 达庆利. 直线型再制造供应链决策结构的效率分析 [J]. 管理科学学报, 2006, 9(4): 51-57
- [4] M Serran, SM Ryan, J Gaytan. Characterization of Reverse Logistics Networks for Outsourcing Decisions [D]. Working Paper, 2004
- [5] R Geyer, Luk N Van Wassenhove, A A Tasu. The Economics of Remanufacturing Under Limited Component Durability and Finite Product Life Cycles [J]. Management Science, 2007, 53(1): 88-100

- [6] L G Debo, L B Toktay, Luk N Van Wassenhove. Joint Life-cycle Dynamics of New and Remanufactured Products [J]. Production and Operations Management, 2006, 15(4): 498-513
- [7] P Georgiadis, D Vlachos, G Tagaras. The Impact of Product Life Cycle on Capacity Planning of Closed-Loop Supply Chains with Remanufacturing [J]. Production and Operations Management, 2006, 15(4): 514-527
- [8] Recycling Today Online. UK Auto Disassembler Inks Deal with BMW [EB/OL]. <http://www.recyclingtoday.com/news/news.asp?ID=5806>. May 11, 2004.

(责任编辑: 赵毅峰)